

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平7-227075

(43)公開日 平成7年(1995)8月22日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>  
H 02 K 37/14  
5/24  
16/04

識別記号 535 F  
B  
Z

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数3 FD (全11頁)

(21)出願番号 特願平6-31999

(22)出願日 平成6年(1994)2月4日

(71)出願人 000228730  
日本サーボ株式会社  
東京都千代田区神田美土代町7

(72)発明者 坂本 正文  
群馬県桐生市相生町3-93 日本サーボ株  
式会社桐生工場内

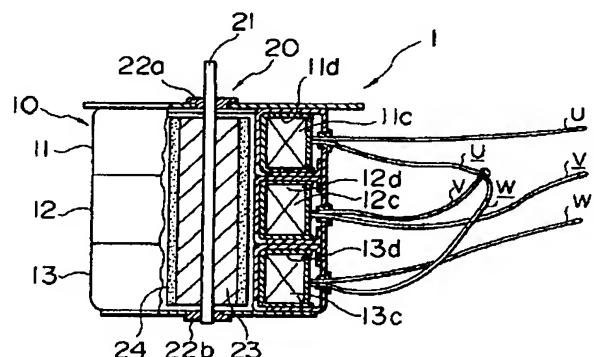
(74)代理人 弁理士 斎藤 春弥 (外1名)

(54)【発明の名称】 環状コイル式3相クローポール式永久磁石ステッピングモータ

(57)【要約】

【目的】回転時における振動発生を改善するとともに、安価に構成できる環状コイル式3相クローポール式永久磁石ステッピングモータを提供する。

【構成】環状コイル式3相クローポール式永久磁石ステッピングモータにおいて、3組の単位固定子11、12、13のコイル11c、12c、13cのうち1組のコイルの巻方向が逆になるように構成、又は接続し、かつスター結線、又はデルタ結線に構成した。この場合、極歯間ピッチは、たとえば極歯11aに対して極歯12aを60度順次偏位させるが、これに代えて極歯11aに対して極歯12bを、また極歯11bに対して極歯12aを夫々60度偏位させる等の変形も考えられる。なお、3組の単位固定子11、12、13のそれぞれに設けた極歯11a、11b、12a、12b、13a、13bは機械角で(180/M)度の基準形成ピッチに対して交互に0≤θ≤36(度)を満足する電気角θ度偏位させて形成するのが望ましい。



1: モータ(環状コイル式3相クローポール式永久磁石ステッピングモータ)  
10: 固定子

11.12.13: 固定子(単位固定子)

11a.11b.12a.12b.13a.13b: 極歯

11c.12c.13c: 環状コイル

20: 回転子

24: 円筒磁石

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 環状コイルを形成して、その両先端部を相互に所定間隔を隔てて平行、かつ交互に組合わされるようにしてM対の極歯を設け、前記コイルに電流を供給することによって、該極歯が互いに異極性に磁化されるように形成して、それぞれを回転子軸方向に縦列に配置して構成した3組の固定子と、この固定子の内部に前記極歯に対しラジアル方向に所定間隔を隔てて回転自在に軸支され、その表面に計2M個の磁極をN, S交互に着磁した円筒状の回転子とを設け、前記3組の各相固定子の出力軸側に形成した極歯は回転子表面に着磁した磁極を基準にして軸方向に隣接する固定子相の極歯に対して電気角で60度（機械角で60度/M）順次偏位させるか、上記3組の固定子の各相極歯は同位置で回転子の磁極を固定子各相極歯に対して60度ずらして構成した環状コイル式3相クローポール式永久磁石ステッピングモータをスター結線又はデルタ結線の3端子駆動する方式において、前記3組の固定子のコイルのうち1組のコイルの巻方向又は結線方向を他の2組のコイルと逆になるように構成したことを特徴とする環状コイル式3相クローポール式永久磁石ステッピングモータ。

【請求項2】 環状コイルを形成して、その両先端部を相互に所定間隔を隔てて平行、かつ交互に組合わされるようにしてM対の極歯を設け、前記コイルに電流を供給することによって、該極歯が互いに異極性に磁化されるように形成して、それを回転子軸方向に縦列に配置して構成した3組の固定子と、この固定子の内部に前記極歯に対しラジアル方向に所定間隔を隔てて回転自在に軸支され、その表面に計2M個の磁極をN, S交互に着磁した円筒状の回転子とを設け、前記3組の各相コイルは各々の巻終わり端を短絡したスター結線又は巻始め端と他相の巻終わり端を順次環状に結線し、その接続部を入力端子とするデルタ結線の3端子入力方式とし、2相励磁時、2組のコイルの発生する回転子軸方向の磁束の向きが常に逆方向としたとき、互いに隣接する2相の隣接する出力側極歯と反出力側極歯を回転子表面に着磁した磁極を基準にして、電気角で60度（機械角で60度/M）順次偏位させるか、上記3組の固定子極歯の隣接する2相の隣接する出力側極歯と反出力側極歯を同位置とし、回転子の磁極を固定子各相極歯に対し60度順次偏位させたことを特徴とする環状コイル式3相クローポール式永久磁石ステッピングモータ。

【請求項3】 請求項1又は2記載の3組の固定子それぞれに設けた極歯は、機械角で(180/M)度の基準形成ピッチに対して、交互に下記式を満足する電気角θ度偏位させて形成した環状コイル式3相クローポール式永久磁石ステッピングモータ。

$$0 \leq \theta \leq 36 \text{ (度)}$$

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、環状コイル式3相クローポール式永久磁石ステッピングモータに係り、特に、レーザビームプリンタのドラム駆動や複写機のスキャナ駆動等に最適、低価格、低騒音、低振動の環状コイル式3相クローポール式永久磁石ステッピングモータに関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】ステッピングモータには各種の構造のものがあるが、レーザビームプリンタのドラム駆動や複写機のスキャナ駆動等に用いられるステッピングモータには、例えば図9にその基本構造を略示するような3相式ハイブリッド形ステッピングモータ（以下HB形モータと略記する）をスター結線に接続して駆動する場合がある。図9は3相HB形モータの断面を示す概念図に、外部電気回路の構成を記した電気磁気機能を説明する3相HB形モータの駆動回路を含む機能説明図である。図9において、3相HB形モータ30の固定子31には第1の極歯31a、第2の極歯31b、第3の極歯31cが形成され、各極歯31a、31b、31cにはそれぞれ同一方向に巻かれた第1のコイル32a、第2のコイル32b、第3のコイル32cが構成されている。各コイル32a、32b、32cに図10に記すように順次通電することにより永久磁石によって構成された回転子33が回転する。

【0003】各コイル32a、32b、32cの所定の端部、例えば、各コイルの巻終わり部U、V、Wは相互に接続されている。また、第1のコイル32aの上述とは逆側の端部、例えば、巻始め部Uは所定の電源回路BとグランドG間に直列に接続した第1のスイッチング素子T1と第2のスイッチング素子T2の接続点に接続されている。同様に、第2のコイル32bの巻始め部Vは所定の電源回路BとグランドG間に直列に接続した第3のスイッチング素子T3と第4のスイッチング素子T4との接続点に、第3のコイル32cの巻始め部Wは所定の電源回路BとグランドG間に直列に接続した第5のスイッチング素子T5と第6のスイッチング素子T6との接続点に接続されている。従って、3相HB形モータ30の各コイル32a、32b、32cはスター結線に接続されている。

【0004】図10は、上述した各スイッチング素子の時間経過によって変化する導通の組合せ状態を示す説明図である。同図において、縦方向に記す欄内の数値はスイッチング素子の導通切換順序を示し、横軸には各スイッチング素子の符号を記していて、各縦横各欄の交点に当たる枠内に記す丸印は、そのタイミングにおいて導通されるスイッチング素子を示している。同図の最上欄には、第1のスイッチング素子T1と第4のスイッチング素子T4が導通された状態を示している。即ち、最上欄のタイミングにおいては、電源Bから第1のスイッチング素子T1、第1のコイル32a、第2のコイル3

2 b, 第4のスイッチング素子T4を経てグランドとの間に形成された回路に電流が流れる。従って、第1の極歯31aに磁極Nが第2の極歯31bに磁極Sが形成される。従って、回転子33の磁極Nと磁極Sは固定子31に形成された磁極Nと磁極Sに吸引されて図9(A)に示す位置で停止する。

【0005】次に、図10の上から2番目の欄に示すように第4のスイッチング素子T4と第5のスイッチング素子T5が導通されると、第2のコイル32bと第3のコイル32cに通電されて、第3の極歯31cに磁極Nが、第2の極歯31bに磁極Sが形成されて回転子33が図9(B)に示すように時計方向に60度回転する。同様に、図10に示す順序で連続して各スイッチング素子を切換え通電することによって、固定子の各極歯に形成される磁極が回転して固定子31の内部に回転磁界を形成し、回転子33が連続して回転する。上述のように3相HB形モータは3個のコイルのすべての両端子に外部回路を接続することなく3端子のモータとして形成できるので、外部のスイッチング回路も含め、安価なアクチュエータとして使用できる。

【0006】図11には、同一構成の環状コイルを、3個回転軸方向にカスケード状に配置構成した環状コイル式3相クローポール式永久磁石ステッピングモータを示している。同図において、固定子40は3個の単位固定子41, 42, 43から成りたっており、第1の単位固定子41には第1の環状コイル41cがヨーク41d内に巻かれている。同様に、第2の単位固定子42には第2の環状コイル42cがヨーク42d内に巻かれ、第3の単位固定子43には第3の環状コイル43cがヨーク43d内に巻かれている。各ヨークはそれぞれ環状コイルを囲んで折り曲げた内側において、左右から所定間隙を設けて極歯(図示せず)を形成している。この極歯は、それぞれコイルに通電することによって異極性に磁化される。このような極歯の構成は一般に、クローポールと呼ばれている。固定子40は、上述した3組の各環状コイル41c, 42c, 43cを巻き込んだヨーク41d, 42d, 43dが積み重なって円筒状に構成されるとともに各コイルは同一方向に巻かれている。

【0007】第1の環状コイル41cの巻始め部Uは、所定の電源回路BとグランドG間に直列に接続したスイッチング素子Ta1とTa2との接続点に接続されており、第1の環状コイル41cの巻終わり部Uは所定の電源回路BとグランドG間に直列に接続したスイッチング素子Tb1とTb2との接続点に接続されている。同様に、第2の環状コイル42cの巻始め部Vは、所定の電源回路BとグランドG間に直列に接続されたスイッチング素子Ta3とTa4との接続点に接続されていて、巻終わり部Vは所定の電源回路BとグランドG間に直列に接続したスイッチング素子Tb3とTb4との接続点に接続されている。また、第3の環状コイル43cの巻始め部

Wは、所定の電源回路BとグランドG間に直列に接続されたスイッチング素子Ta5とTa6との接続点に接続されていて、巻終わり部Wは所定の電源回路BとグランドG間に直列に接続したスイッチング素子Tb5とTb6との接続点に接続されている。

【0008】上述した円筒状の固定子40の中央の空間には固定子40の内面との間に所定の空隙を隔てて回転子50の回転軸51が軸受52a, 52bによって回転自在に軸支されている。回転子50は中子53を介して外周部に、回転軸方向に平行に磁極N, Sを所定の等ピッチで着磁した円筒磁石54を形成している。前述した各スイッチング素子を順次適切に組合わせて導通することによって各環状コイルに順次通電し、固定子40内面の各極歯(図示せず)を順次磁化することによって回転磁界を形成し、回転子50の磁極を吸引して回転させる。

【0009】また、図12に示す環状コイル式2相クローポール式永久磁石ステッピングモータも使用されている。図12に同一構成の環状コイルを2個回転軸方向にカスケード状に配置構成した構造の環状コイル式2相クローポール式永久磁石ステッピングモータを示している。同図において、固定子60は2個の単位固定子61, 62から成りたっており、第1の単位固定子61には第1の環状コイル61cがヨーク61d内に巻かれている。同様に、第2の単位固定子62には第2の環状コイル62cがヨーク62d内に巻かれている。各ヨークは、それぞれ環状コイルを囲んで折り曲げた内側において、左右から所定間隙を設けて極歯(図示せず)を設けたクローポールを形成している。極歯はそれぞれコイルに通電することによって異極性に磁化される。上述した固定子60は上述した2組の環状コイル61c, 62cが積み重なるように構成されるとともに各コイルが同一方向に巻かれている。

【0010】第1の環状コイル61cの巻始め部Rは所定の電源回路BとグランドG間に直列に接続したスイッチング素子Ta1とTa2との接続点に接続しており、第1の環状コイル61cの巻終わり部Rは所定の電源回路BとグランドG間に直列に接続したスイッチング素子Tb1とTb2との接続点に接続されている。同様に、第2の環状コイル62cの巻始め部Sは、所定の電源回路BとグランドG間に直列に接続したスイッチング素子Ta3とTa4との接続点に接続されていて、巻終わり部Sは所定の電源回路BとグランドG間に直列に接続されたスイッチング素子Tb3とTb4との接続点に接続されている。

【0011】上述した円筒状の固定子60の中央の空間には固定子60の内面との間に所定の空隙を隔てて回転子70の回転軸71が軸受71a, 71bによって回転自在に軸支されている。回転子70は中子73を介して外周部に、回転軸方向に平行に磁極N, Sを所定の等ピ

ツチで着磁した円筒磁石74を形成している。上述の各スイッチング素子を順次適切に導通することによって各環状コイルに順次通電し、固定子60の内面の各極歯(図示せず)を順次磁化することによって回転磁界を形成し、回転子70の磁極を吸引して回転させる。

## 【0012】

【発明が解決しようとする課題】ところで、図9、図10によって前述したような3相HB形ステッピングモータ30の構造とコイル電流の供給方法であると、コイルへの給電回路は安価になるが、3相HB形ステッピングモータ自体は構造が複雑で高価なものになる。図11に示した環状コイル式3相クローポール式永久磁石ステッピングモータの場合は構造が簡単で安価になるが、コイルへの給電がコイルの両端を切り換える必要がある6端子駆動なので、12個のスイッチング素子を制御する必要があり、給電回路が複雑で高価になるという問題点があった。また、図12に示す環状コイル式2相クローポール式永久磁石ステッピングモータは同タイプの3相モータよりも安価になるが、コイルへの給電がコイルの両端を切り換える必要がある4端子駆動なので、8個のスイッチング素子を制御する必要があり、また、鎖交磁束の第3次高調波の影響をうけるために回転振動が大きいという問題点があった。本発明は上記従来の課題(問題点)を解決し、回転時における振動発生を改善するとともに安価に構成できる環状コイル式3相クローポール式永久磁石ステッピングモータを提供することを目的とする。

## 【0013】

【課題を解決するための手段】本発明に基づく環状コイル式3相クローポール式永久磁石ステッピングモータは、上記課題を解決するために、環状コイルを形成して、その両先端部を相互に所定間隔を隔てて平行、かつ交互に組合わされるようにしてM対の極歯を設け、前記コイルに電流を供給することによって、該極歯が互いに異極性に磁化されるように形成して、それぞれを回転子軸方向に縦列に配置して構成した3組の固定子と、この固定子の内部に前記極歯に対しラジアル方向に所定間隔を隔てて回転自在に軸支され、その表面に計2M個の磁極をN、S交互に着磁した円筒状の回転子とを設け、前記3組の各相コイルは各々の巻終わり端を短絡したスター結線又は巻始め端と他相の巻終わり端を順次環状に結線し、その接続部を入力端子とするデルタ結線の3端子入力方式とし、2相励磁時、2組のコイルの発生する回転子軸方向の磁束の向きが常に逆方向としたとき、互いに隣接する2相の隣接する出力側極歯と反出力側極歯を回転子表面に着磁した磁極を基準にして、電気角で60度(機械角で60度/M)順次偏位させるか、上記3組の固定子極歯の隣接する2相の隣接する出力側極歯と反出力側極歯を同位置とし、回転子の磁極を固定子各相極歯に対し60度順次偏位させるように構成しても良い。また、これらの構成において、3組の固定子それぞれに設けた極歯は、機械角で(180/M)度の基準形成ピッチに対して、交互に下記式を満足する電気角θ度偏位させて形成することが望ましい。

$$0 \leq \theta \leq 36 \text{ (度)}$$

## 【0014】

【作用】本発明は、上述のように環状コイル式3相クローポール式永久磁石ステッピングモータを構成し、また、そのコイルをスター結線又はデルタ結線に接続したので、単純な構造の環状コイルと、プレス加工で実現可能なクローポール形極歯とを備えた固定子と、フェライト磁石等の円筒形磁石によって形成できる回転子によって構成された安価な構造のモータを使用して、スター結線、又はデルタ結線の接続による3端子駆動による安価な駆動用のスイッチング回路が形成できる。3組の固定子それぞれに設けた極歯を、機械角で(180/M)度の基準形成ピッチに対して、電気角で交互に0度ないし36度の所定角度偏位させて形成すると所望されるトルクを出力するとともに回転振動が低減される。

## 【0015】

【実施例】本発明に基づく環状コイル式3相クローポール式永久磁石ステッピングモータ(以下モータと略記する)の実施例を図を参照して詳細に説明する。  
実施例1: 図1は本発明に基づく実施例1に説明するモータ例の断面図を、図2は図1に示すモータの一部をカットし、さらに一部を展開展長した斜視図を示している。図1においては、図9、図11、図12によって説明した従来例に相当する機能は同一の符号を使用している。ただし、図の配置方向は90度ずらしている。図1、図2において、モータ1の本体部は固定子10と回転子20によって構成されている。固定子10は、それが固定子相を形成する3組の単位固定子11、1

2, 13から成りたっていて、第1の単位固定子11はその両先端部を相互に所定間隔を隔てて平行、かつ交互に組合わされるようにしてM対の極歯11a, 11bを設け、内部に環状コイル11cをボビン11dに巻き込んで環状に形成している。第2の単位固定子12は第1の単位固定子11と同様、その両先端部を相互に所定間隔を隔てて平行、かつ交互に組合わされるようにしてM対の極歯12a, 12bを設け、その内部に環状コイル12cをボビン12dに巻き込んで環状に形成している。また、第3の単位固定子13も同様にその両先端部を相互に所定間隔を隔てて平行、かつ交互に組合わされるようにしてM対の極歯13a, 13bを設け、その内部に環状コイル13cをボビン13dに巻き込んで環状に形成している。上述した各環状コイル11c, 12c, 13cはいずれも同一方向に巻かれている。

【0016】また、第1の単位固定子11に設けたM対の極歯11a, 11bを形成する間隔は、機械角で(180/M)度の機械的基準形成ピッチ、即ち、1対2個の極歯の配列を電気角360度を1ピッチとして、各極歯の電気磁気的基準間隔である(1/2)ピッチの電気角180度に対して図2に示すように交互に(180-θ)度と(180+θ)度に偏位させて形成している。上述した角度θ度は詳細を後述するように、そのモータの仕様、例えばモータの出力トルクと回転時の振動を抑制する条件等の設計条件に対応して下記(1)式を満足するように設定する。

$$0 \leq \theta \leq 36 \text{ (度)} \cdots \cdots \cdots \quad (1)$$

【0017】第2の単位固定子12に設けたM対の極歯12a, 12bおよび第3の単位固定子13に設けたM対の極歯13a, 13bもそれぞれ第1の単位固定子11に設けたM対の極歯11a, 11bと同一の配置関係、即ち、各極歯の基準間隔である電気角180度に対して(1)式を満足するように形成している。さらに、第1の単位固定子11に設けた極歯11aと、第2の単位固定子12に設けた極歯12aとは電気角で60度偏位させ、第2の単位固定子12に設けた極歯12aと、第3の単位固定子13に設けた極歯13aとは電気角で60度偏位させて構成している。

【0018】3組の単位固定子は、上述した条件を満足すれば各単位固定子のヨークを個別に形成し並べて固定しても、一体のヨーク内に適切に構成しても良い。図1、図2においては、例えば磁性鉄板をプレス等で打抜き、さらに折曲げて両端部に極歯11a, 11bを設けて成形したヨーク10aの内部に、各固定子の機能を分離する、例えば磁性鉄板をプレス等で打抜き、さらに折曲げて前述した極歯をそれぞれに形成した中間部材10b, 10c, 10d, 10eを設けて構成した状態を示している。なおこれらの極歯構造は前述のように、クローポールと呼ばれている。

【0019】上述した固定子10の内部空間に設けられ 50

た回転子20は、回転軸21が固定子10の中央両端に構成した軸受22a, 22bによって回転自在に軸支されている。回転軸21には中子23を介して表面を上述した固定子の極歯の形成機械角度に対応する所定ピッチでM対のN極とS極を交互に着磁した円筒磁石24が構成されている。

【0020】第1の単位固定子(以下固定子と略記する)11の環状コイル(以下コイルと略記する)11cの巻終わり部Uと第2の固定子12のコイル12cの巻始め部Vおよび第3の固定子13のコイル13cの巻終わり部Wは相互に接続し、第1の固定子11のコイル11cの巻始め部Uと第2の固定子12のコイル12cの巻終わり部Vおよび第3の固定子13のコイル13cの巻始め部Wはそれぞれ電流の入力線として引出されている。即ち、このモータ1の各コイルはスター結線に接続しているが、従来の技術で図9によって示したように各コイルの巻終わり部U, V, Wを接続したスター結線の接続とは相違し、3端子入力による駆動を可能にするために、一つのコイルを逆接続している。即ち、本実施例では、第2の固定子12のコイル12cの巻始め部を他のコイルの巻終わり部に接続されている。

【0021】次に、このモータ1の電流供給の実施例1を図3、図4によって説明する。図3にはモータ1の電流供給回路例を示していて図3における要素機能の符号は上述した図1、図2と共に共通である。また各コイルの端子部の横に記した丸印はそのコイルの巻始め部を示している。図3において、第1の固定子11のコイル11cの巻始め部Uの引出し線は所定の電源回路BとグランドGとの間に直列に接続したスイッチング素子T1とT2との接続点に接続されている。同様に、第2の固定子12のコイル12cの巻終わり部Vの引出し線は所定の電源回路BとグランドG間に直列に接続したスイッチング素子T3とT4との接続点に接続され、第3の固定子13のコイル13cの巻始め部Wの引出し線は所定の電源回路BとグランドG間に直列に接続したスイッチング素子T5とT6との接続点に接続されている。上述のスイッチング素子はトランジスタ又はサイリスタのような半導体を使用し、それぞれの制御回路はその素子の特性に対応して構成するが、図示は省略している。

【0022】今、第1の固定子11のコイル11cの巻始め部Uに接続するスイッチング素子T1と第2の固定子12のコイル12cの巻終わり部Vに接続するスイッチング素子T4を導通すると、第1の固定子11のコイル11cと第2の固定子12のコイル12cには図3に記入した矢印のように電流が流れ、第1の固定子11の極歯11aはN極に、極歯11bはS極に、第2の固定子12の極歯12aはN極に、極歯12bはS極にそれぞれ励磁される。従って、回転子20は回転して円筒磁石24の磁極が図3に示す位置で静止する。

【0023】図4に各スイッチング素子を導通する順序

例、図5に各スイッチング素子が導通されて各コイルに通電され固定子の各歯が励磁されることによって回転子が回転する状況を示している。図4の横方向に示す欄には各スイッチング素子の符号を示し、縦方向には各スイッチング素子を導通する時間的順序を番号で示し、縦横交点の欄に丸印を記すスイッチング素子が縦方向の番号順で順次導通されることを示している。即ち、例えば、最上段の番号1においては、前述したように第1の固定子11のコイル11cに接続するスイッチング素子T1と第2の固定子12のコイル12cに接続するスイッチング素子T4が導通されるタイミングを示している。

【0024】図5は図4に示すように順次各固定子の歯が励磁され、回転子の磁極が吸引される位置を示している。各固定子のコイルは図3、図4によって示したように2個の固定子が組合せられて励磁されるが、説明の便宜上図5には1個の固定子のみが励磁された状態を示している。図5は上段から順次、(1)は第1の固定子11が励磁された状態、(2)は第2の固定子12が励磁された状態、(3)は第3の固定子13が励磁された状態、(4)は第1の固定子11が逆方向に励磁された状態、即ち、第1の固定子のコイル11cに逆方向に通電された状態、(5)は第2の固定子12が逆方向に励磁された状態、(6)は第3の固定子13が逆方向に励磁された状態をそれぞれ示めしている。各状態において、上段は固定子の励磁された歯の極性を記し、下段には励磁された固定子によって吸引された回転子の磁極位置を示している。また、各歯の相互の関係位置を電気角で記している。即ち、前述したように、各固定子の歯の配置は電気角の1/2ピッチである180度を基準にして交互に(180-θ)度と(180+θ)度に形成している。また、各固定子の歯の関係位置は相互に60度の電気角偏位させている。回転子の各磁極の異極間のピッチは電気角で180度である。前述したように各固定子に設けた歯の対数をMとして、電気角の18\*

$$i_u = I \sin(\omega t) \dots \dots \dots \quad (4a)$$

$$i_v = I \sin[(\omega t - (2\pi/3))] \dots \dots \quad (4b)$$

$$i_w = I \sin[(\omega t - (4\pi/3))] \dots \dots \quad (4c)$$

$$T = (3/2) K_1 P_0 \{ K_1 \cos(\theta - \omega t) - K_5 \cos(5\theta + \omega t) + K_7 \cos(7\theta - \omega t) \dots \dots \dots \quad (5)$$

(5)式における第1項は基本波であり負荷を駆動するトルクであるが、定数K<sub>5</sub>のかかる第2項と、定数K<sub>7</sub>のかかる第3項とは振動を誘起するトルクであって、第2項と第3項の存在は振動騒音の原因となる。一般に、高調波の次数が高くなると、その振幅は小さくなり、K<sub>5</sub>※

$$P_5 = K' \cos 5(\theta_0/2) \dots \dots \dots \quad (6)$$

(6)式においてK'は定数であって、θ<sub>0</sub>は実施例の説明で述べた前述の(1)式で与えられる各歯の偏位角θの設定角度である。(6)式においてθ<sub>0</sub>=36度 50

\* 0度は機械角の(180/M)度に対応する。

【0025】前述したように、例えば、第1の固定子11と第2の固定子12が同時に励磁されると、回転子20のS極は第1の固定子11に形成されるN極と第2の固定子12に形成されるN極の中間位置に吸引され、静止する。従って、図4によって前述したように各スイッチング素子を順次導通して各コイルを順次通電することにより、各固定子の歯に形成される磁極が順次移動して回転子の磁極を吸引し、回転させる。即ち、図4に示すように最上段の番号1から下段に向けて丸印を記したスイッチング素子を、このモータ1を回転させる回転速度に対応する切換速度で順次導通することによって各コイルが順次通電されることにより、各固定子の歯に形成される磁極が切換速度で移動し、回転子20の静止位置が連続的に変化し、モータ1は回転する。

【0026】次に、前述したように固定子の歯の配置間隔を交互に(180-θ)度と(180+θ)度偏位させた場合の働きを説明する。3相永久磁石ステッピングモータのギャップパーミアンスP(θ)は奇数次ののみの高調波成分で次の(2)式のように表すことができる。

$$P(\theta) = P_0 (K_1 \sin \theta + K_3 \sin 3\theta + K_5 \sin 5\theta + K_7 \sin 7\theta) \dots \dots \dots \quad (2)$$

(2)式においてP<sub>0</sub>、K<sub>1</sub>、K<sub>3</sub>、K<sub>5</sub>、K<sub>7</sub>はそれぞれ定数である。また、トルクTは次の(3)式によって得られる。

$$T = K_i P(\theta) \dots \dots \dots \quad (3)$$

(3)式においてKは定数であり、iは励磁電流である。励磁電流iが次の(4a)式、(4b)式、(4c)式を満足する3相平衡電流(例えば、マイクロステップの高分割によって形成される等)であるとし、

(2)式、(4a)式、(4b)式、(4c)式を(3)式に代入して整理すると次の(5)式が得られる。

$$i_u = I \sin(\omega t) \dots \dots \dots \quad (4a)$$

$$i_v = I \sin[(\omega t - (2\pi/3))] \dots \dots \quad (4b)$$

$$i_w = I \sin[(\omega t - (4\pi/3))] \dots \dots \quad (4c)$$

※>K<sub>7</sub>なので第2項の方が第3項よりも大きい成分値になっている。(5)式においては、(2)式に含まれていた第3次高調波は、含まれていない。

【0027】ところで、図5の(1)に示す条件でパーミアンスの第5次成分を求めるとき、1歯の第5次高調波パーミアンスP<sub>5</sub>は次の(6)式によって表わされる。

$$P_5 = K' \cos 5(\theta_0/2) \dots \dots \dots \quad (6)$$

とすると、(6)式は0になって振動の原因になる第5次の高調波成分が消去される。同様に、θ<sub>0</sub>=25.9度とすると、振動の原因になる第7次のパーミアンスが

0になる。即ち、実施例1で前述した固定子の極歯の配置に設定する偏位角度 $\theta$ を36度又は25.9度になるとモータ1は低振動になる。従って、第3次高調波が現れる2相モータ等において、上述した設定各度 $\theta_0$ を60度に設定する必要があるが、3相モータにおいては、固定子それぞれに設けたM対の極歯の配置間隙を、機械角で(180/M)度の基準形成ピッチに対して電気角で36度以下の適切な偏位値に設定することによって振動の少ない適切なトルクを出力するモータが得られる。

即ち、前述した(5)式の第1項に示すように設定各度 $\theta_0$ が小さいほど基本波バーミアンスを大きくして大きなトルクを得ることができる。

【0028】実施例2：次に、上述した図1、図2に示したモータ例の各コイルをデルタ結線に接続した実施例2を図6、図7によって説明する。実施例2は図1、図2に示したモータ1と同一構造のモータにおいて、図3に示したスター結線接続をデルタ結線接続に変換したものである。従って、モータ1の電流供給回路例を示す図6は前述した図3に対応させて同一の符号を使用し、各コイルに電流を供給するための各スイッチング素子を導通する順序を示す図7は前述した図4に対応させて示している。図6において、第1の固定子11のコイル11cの巻始め部Uの引出し線と第2の固定子12のコイル12cの巻始め部Vの引出し線は相互に接続して所定の電源回路BとグランドG間に直列に接続したスイッチング素子T1とT2との接続点に接続されている。同様に、第1の固定子11のコイル11cの巻終わり部Uの引出し線と第3の固定子13のコイル13cの巻始め部Wの引出線とは相互に接続して所定の電源回路BとグランドG間に直列に接続したスイッチング素子T3とT4との接続点に接続されており、第2の固定子12のコイル12cの巻終わり部Vの引出し線と第3の固定子13のコイル13cの巻終わり部Wの引出し線とは相互に接続して所定の電源回路BとグランドG間に直列に接続したスイッチング素子T5とT6との接続点に接続されている。

【0029】図6に示す接続において、図7に示す順序で各スイッチング素子を導通することによりモータ1は実施例1と同様に回転する。即ち、例えば、図7の最上段に示すように、3個のスイッチング素子T1、T4、T6を導通すると、第1の固定子11のコイル11cと第2の固定子12のコイル12cには図6に記入した矢印のように電流が流れ、第1の固定子11の極歯11aはN極に、極歯11bはS極に、第2の固定子12の極歯12aはN極に、極歯12bはS極にそれぞれ励磁される。従って、回転子20は回転して円筒磁石24の磁極が図6に示す位置で静止する。従って、図7に示すように最上段の番号1から下段に向けて丸印を記したスイッチング素子を、このモータ1を回転させる回転速度に応する切換速度で順次導通することによって各コイルが順次通電されることにより、各固定子の極歯に形成さ

れる磁極が切換速度で移動し、前述した回転子20の静止位置が連続的に変化し、モータ1は回転する。

【0030】実施例3：実施例1および実施例2におけるモータの構造は、図2に示したように回転子の各磁極が回転子の回転軸に平行に形成され、3個の固定子の各極歯は回転子の磁極を基準にして相互に60度偏位させて形成されている。本実施例は、図8に示すように、3個の固定子の各極歯は偏位させないで同一位置にくるよう構成し、回転子の磁極が固定子の極歯に対して基準位置で60度ずつ偏位するようにスキーさせて形成している。図8に示す要素機能で図2と同一又は相当の要素機能は同一の符号を使用している。即ち、図8において、実施例3のモータ1Aは固定子10Aと回転子20Aによって構成され、固定子10Aは3個の単位固定子11A、12A、13Aから成り立っている。第1の単位固定子11Aにはクローポールを形成するM対の極歯11Aa、11Abを設け、内部に環状コイル11cを巻き込んで環状に形成している。同様に、第2の単位固定子12Aは第1の単位固定子11Aと同様、M対の極歯12Aa、12Abを設け、その内部に環状コイル12cを巻き込んで環状に形成しており、第3の単位固定子13AはM対の極歯13Aa、13Abを設け、その内部に環状コイル13cを巻き込んで環状に形成している。

【0031】第1の単位固定子11Aに設けた各極歯、第2の単位固定子12Aに設けた各極歯、第3の単位固定子13Aに設けた各極歯はそれぞれこのモータ1Aの軸方向に向けて同一位置にくるように構成されている。また、各単位固定子に設けたM対の極歯を形成する間隔は、機械角で(180/M)度の機械的基準形成ピッチ(電気角で180度)に対して電気角で、交互に(180-θ)度と(180+θ)度に偏位させて形成している。上述した角度θ度は、実施例1、実施例2と同様、前記(1)式を満足するように設定する。

【0032】上述した固定子10Aの内部空間に設けられた回転子20Aの回転軸21には中子23を介して、表面を固定子の極歯の形成機械角度に対応する所定ピッチでN極とS極を交互に着磁した円筒磁石24Aが構成されている。回転子の磁極は単位固定子11A、12A、13Aの各極歯に対する位置で電気角で60度ずつ偏位させるか、それと等価になるようスキーさせて形成している。

【0033】上述した構造のモータ1Aは、図3又は図6に示したのと同様に各コイルとコイルに通電するスイッチング素子の回路を構成し、図4又は図6に示したように各スイッチング素子を順次導通することによって実施例1、実施例2と同様に回転する。また、角度θも実施例1、又は実施例2と同様に適宜選択することによって実施例1、又は実施例2と同様の動作特性が得られる。

【0034】上述した各実施例の説明は、本発明に基づく基本構成を記したものであって、上述した技術思想を適用して任意適切に応用改変しても良いことは当然である。例えば、実施例1と実施例2は回転子の各磁極を回転子の回転軸に平行に形成して、3個の固定子の各極歯は回転子の磁極を基準にして相互に60度偏位させるようにし、実施例3では3個の固定子の各極歯は偏位させないで同一位置にくるように構成し、回転子の磁極が固定子の極歯に対して基準位置で60度偏位するように説明したが、回転子の各磁極が回転子の回転軸に対して所定各度で傾斜するようにスキーさせ、3個の固定子の各極歯は回転子のスキーされた磁極を基準にして相互に60度偏位させるように形成するようにしても良い。また、回転子の磁極は固定子の極歯位置に対応させて、スキーではなく回転軸に平行な3個の磁極に分割して形成するようにしても良い。また、各コイルとスイッチング回路との接続とスイッチング順序の設定によって、スター・デルタ結線で3相励磁、又は2相-3相励磁で駆動することも可能である。また、3相のコイルの内の1個を逆方向に接続するには、実施例の説明では第2の単位固定子のコイルを逆接続にするように説明したが、スイッチング回路の構成と導通条件とも対応させて、その他のコイルを逆接続しても良く、それにはコイルの1個を逆方向に巻いても、モータ内部でコイルの引出線を設定しても、モータの外部回路で接続しても良いことも当然である。

【0035】実施例4：本発明による図1に示すような結線による3端子駆動方式のステッピングモータの内部は、図2に示すように構成されていると説明したが、これと同等の効果が得られる本発明の実施例4を説明する。本実施例の構成の図示は省略するが、図2を用いてその構成を説明すると、同図において単位固定子12の極歯12aと極歯12bの位置を入れ替え、単位固定子11、13の固定子の方は図2のままである。即ち、図2に示す実施例1のものでは、極歯12aは極歯11aに対し60度偏位しているが、本実施例のものでは極歯11aに対し極歯12bを60度偏位するようにしたものであり、従って極歯11bに対し極歯12aも60度偏位することになる。この場合は、図1に示したような単位固定子12のコイルであるV相を逆に結線(U相、W相の巻終わりとV相の巻始めを短絡)をしなくてもよく、普通のスター結線である各相の巻終わり同士を短絡し、各相の巻始めを入力端とすればよい。同様に、デルタ結線も通常の結線である任意の相の巻終わりと次相の巻始めを順次環状に結合し、その3つの結合点を入力端とすれば図1～図8で示した動作が同様に可能となる。図2において、回転軸21に符号21を付した同図の上側を、出力軸側とすれば、11a、12a、13aが各相の出力軸側極歯、11b、12b、13bが反出力軸側極歯と呼ぶことができるので、本実 50

14  
施例の構成はこのような表現によって請求項2等で表現されている。

#### 【0036】

【発明の効果】本発明は上述したように構成したので、次に示すような優れた効果を有する。

①環状コイル式3相クローポール式永久磁石ステッピングモータにおいて、1つのコイルを他のコイルに対して巻方向を逆方向に接続するようにしたので、従来のこの種永久磁石ステッピングモータの給電回路のように6回路設ける必要がなく3回路ですむので、安価に構成できるようになった。

②本発明を適用する永久磁石ステッピングモータが環状コイル式3相クローポール式のためハイブリッド形ステッピングモータ等に比べて安価であり、しかも、駆動回路の構成が3端子に対応すれば良いので、全体のコストが安価に実現できる。

③固定子に設ける極歯の基準位置からの偏位角度θを適切に設定することによって所望されるトルクを得る条件において低振動にすることができる。

④本発明を適用するステッピングモータが環状コイル式3相クローポール式永久磁石ステッピングモータであり、環状コイル式2相クローポール式永久磁石ステッピングモータに比べて、低振動で安価な駆動システムが構成できる。

⑤本発明を適用するステッピングモータが環状コイル式3相クローポール式永久磁石ステッピングモータなので、2相機に比べて回転時のトルク変動が小さく、コストパフォーマンスの高いアクチュエータとなり得る。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に基づく環状コイル式3相クローポール式永久磁石ステッピングモータの断面図である。

【図2】本発明に基づく環状コイル式3相クローポール式永久磁石ステッピングモータの構造を説明する実施例1および2に対応する環状コイル式3相クローポール式永久磁石ステッピングモータの要部を展開して示した斜視図である。

【図3】図1、図2に示した環状コイル式3相クローポール式永久磁石ステッピングモータのコイルを、スター接続した実施例1における駆動回路の概略回路構成図である。

【図4】図3に示す駆動回路において、この駆動回路を構成するスイッチング素子の作動順序を示す説明図である。

【図5】図3に示す駆動回路と図4に示す各スイッチング素子の作動順序に対応する、スイッチング素子の作動によって、回転子の磁極が固定子の極歯に対して移動する状況を示す説明図である。

【図6】図1、図2に示した環状コイル式3相クローポール式永久磁石ステッピングモータのコイルをデルタ接続した実施例2における駆動回路の概略構成図である。

【図7】図6に示す駆動回路において、この駆動回路を構成するスイッチング素子の作動順序を示す説明図である。

【図8】本発明に基づく実施例3における環状コイル式3相クローポール式永久磁石ステッピングモータの構造を説明する環状コイル式3相クローポール式永久磁石ステッピングモータの要部を展開して示した斜視図である。

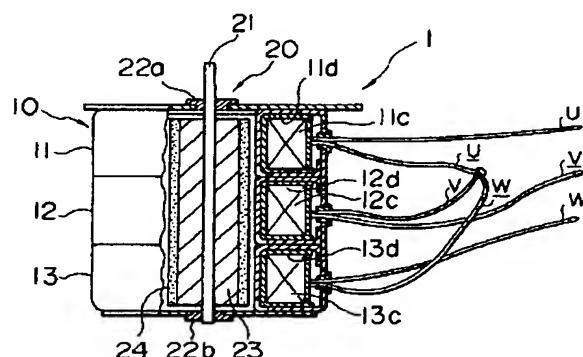
【図9】3相式ハイブリッド形ステッピングモータの電気磁気機能を説明する駆動回路を含む機能説明図であつて、同図(A)は駆動回路を含む機能説明図、同図(B)は同図(A)に示すコイル通電条件の次の通電ステップにおける回転子の移動状況を示す機能説明図である。

【図10】図9に示す駆動回路において、この駆動回路を構成するスイッチング素子の作動順序を示す説明図である。

【図11】環状コイル式3相クローポール式永久磁石ステッピングモータの略半部縦断正面図に、従来の駆動回路を含む機能説明図である。

\* 路を合成した環状コイル式3相クローポール式永久磁石ステッピングモータの駆動機能の説明図である。  
【図12】環状コイル式2相クローポール式永久磁石ステッピングモータの略半部縦断正面図に、駆動回路を合成した環状コイル式2相クローポール式永久磁石ステッピングモータの駆動機能の説明図である。  
【符号の説明】  
1, 1A: モータ  
10, 10A: 固定子  
11, 12, 13, 11A, 12A, 13A: 単位固定子  
11a, 11b, 12a, 12b, 13a, 13b, 11Aa, 11Ab, 12Aa, 12Ab, 13Aa, 13Ab: 極歯  
11c, 12c, 13c, 11Ac, 12Ac, 13Ac: 環状コイル  
20, 20A: 回転子  
24, 24A: 円筒磁石  
T1, T2, T3, T4, T5, T6: スイッチング素子

【図1】



1: モータ(環状コイル式3相クローポール式永久磁石ステッピングモータ)  
10: 固定子

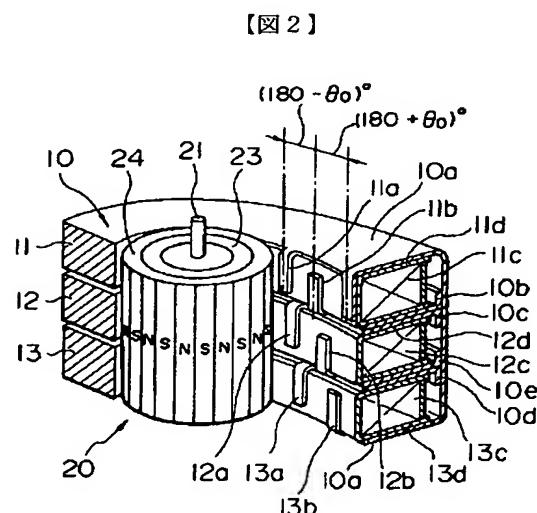
11, 12, 13: 固定子(単位固定子)

11a, 11b, 12a, 12b, 13a, 13b: 極歯

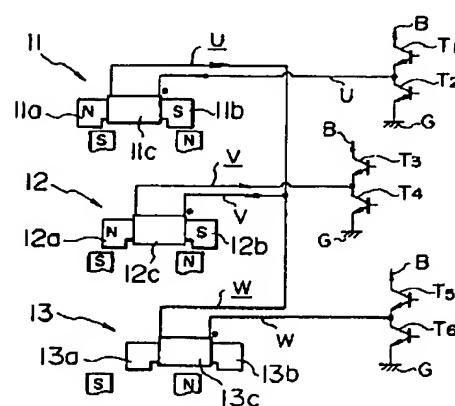
11c, 12c, 13c: 環状コイル

20: 回転子

24: 円筒磁石



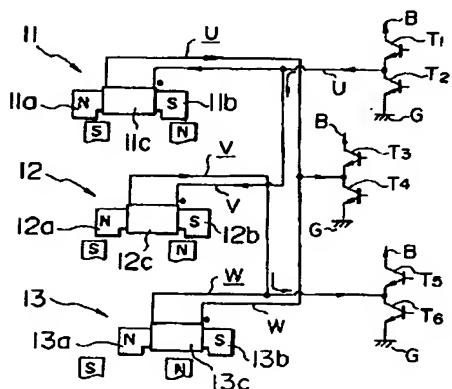
【図2】



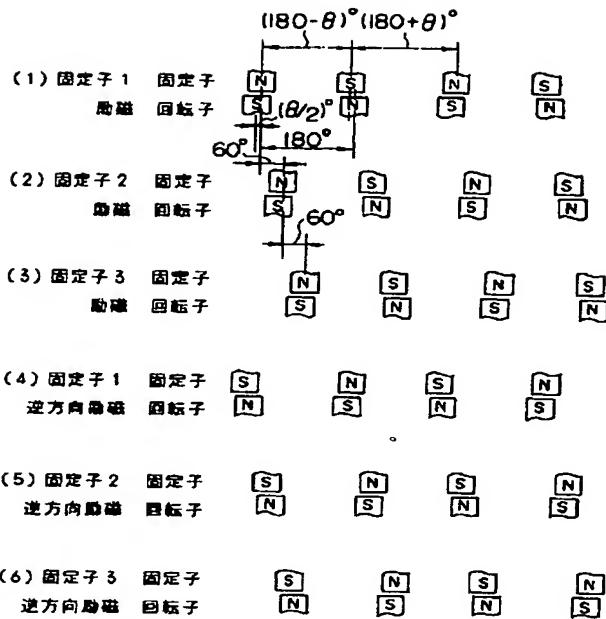
[図4]

	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>5</sub>	T <sub>6</sub>
1	O			O		
2				O	O	
3		O			O	
4		O	O			
5			O			O
6	O					O

〔图6〕



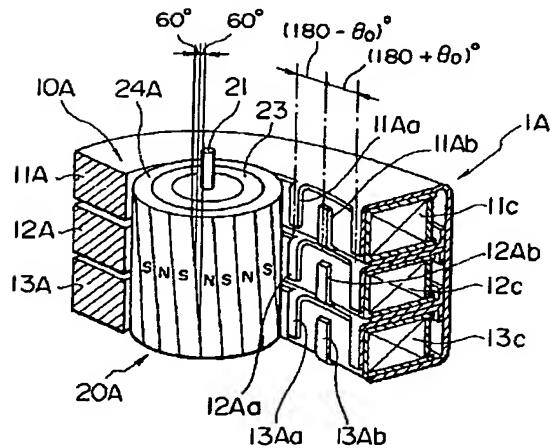
【图 5】



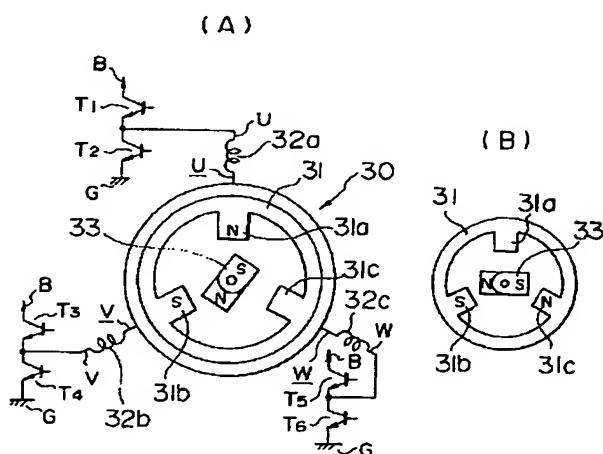
【図7】

	T1	T2	T3	T4	T5	T6
1	O			O		O
2	O		O			O
3		O	O			O
4		O	O		O	
5		O		O	O	
6	O			O	O	

[図 8 ]



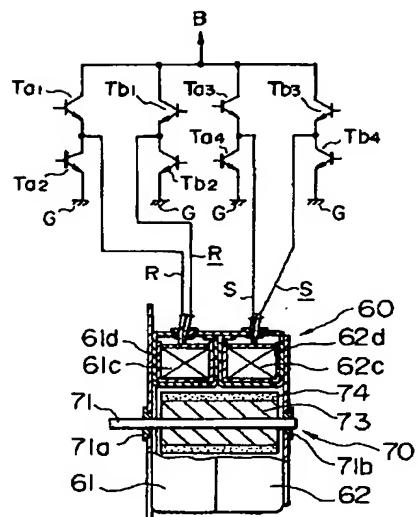
【図9】



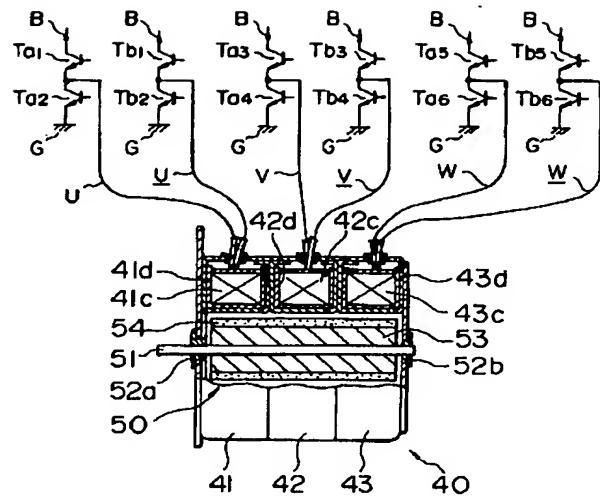
【図10】

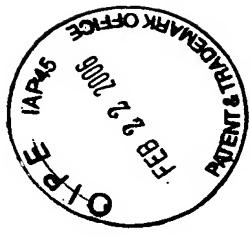
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
1	○			○		
2				○	○	
3		○			○	
4		○	○			
5			○			○
6	○					○

【図12】



【図11】





**THIS PAGE BLANK (USPTO)**